

Kai Bliesmer¹
Jenna Koenen²
Katharina Forster²
Markus Precht³
Markus Wilhelm⁴
Markus Rehm⁵
Stefanie Rinaldi⁴

¹Universität Rostock
²Technische Universität München
³Technische Universität Darmstadt
⁴Pädagogische Hochschule Luzern
⁵Pädagogische Hochschule Heidelberg

BNE in der Physik- und Chemiedidaktik weiterdenken

Zur Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) im Chemie- und Physikunterricht existieren vielfältige Zugänge, die auf je verschiedenartigen Modellen, Lesarten und Schwerpunktsetzungen des BNE-Konzepts beruhen. Um jene unterschiedlichen Perspektiven fachdidaktisch zu erkunden und geeignete Zugänge auszuwählen, hat sich 2023 ein interdisziplinäres GDGP-BNE-Netzwerk gebildet. Im Verlauf der Zusammenarbeit wurde vom Netzwerk herausgearbeitet, dass das Viabilitätsmodell der nachhaltigen Entwicklung – der sog. „Donut mit Biss“ – in besonderer Weise dem fachdidaktischen Anspruch des Netzwerks nach Kontroversität und Komplexität in nachhaltigkeitsbezogenen Lehr-Lern-Situationen gerecht wird. Das Modell wurde im Workshop vorgestellt und angewendet, indem es die Teilnehmenden zur Skizzierung eigener Unterrichtsideen einsetzten. Zusätzlich formulierten die Teilnehmenden für ihre Unterrichtsideen Aufgabenstellungen, die auf Schülerinnen und Schüler ausgerichtet sind, um im Anschluss zu analysieren, inwiefern jene mit typischen BNE-Kompetenzrahmen korrespondieren. Ziel war es zu prüfen, inwieweit das Viabilitätsmodell und die Kompetenzrahmen miteinander kompatibel sind und sich gegenseitig befruchten. Der vorliegende Beitrag dokumentiert die theoretischen Inputs sowie die Ergebnisse des Workshops und diskutiert hieran im Sinne einer fachdidaktischen Wissenschaftskommunikation insbesondere Implikationen für eine prägnantere Kommunikation und bessere Anwendbarkeit des Viabilitätsmodells, um die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass Lehrende dieses Modell zur Entwicklung von BNE-orientierten Lehr-Lern-Situation heranziehen.

Das Netzwerk und seine Lesart von BNE

Ausgehend von einer GDGP-Schwerpunkttagung in Raitenhaslach, die von der AG Koenen an der TU München organisiert wurde, hat sich ein Netzwerk von an BNE interessierten Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktikern gebildet. Basis der Zusammenarbeit war die Erkenntnis, dass die BNE von verschiedenen Personen und Gruppen mit unterschiedlichen Modellen und Schwerpunktsetzungen gelebt wird, die wir als ‚Lesarten‘ der BNE bezeichnen. Konsolidiert hat das Netzwerk, dass wir als Personen aus der Physik-, Chemie-, Biologie- und Politikdidaktik in der Lage waren, uns auf eine gemeinsame Lesart zu verständigen und sie auf ein Modell der nachhaltigen Entwicklung zu beziehen. Diese Lesart erkennt als ein zentrales Faktum der nachhaltigen Entwicklung an, dass vollständige Nachhaltigkeit nicht erreicht werden kann (Otto, 2007). Die Unmöglichkeit einer vollständigen Nachhaltigkeit resultiert aus der systemischen Kopplung (Rieckmann, 2018) von Umwelt- und Gesellschaftssystemen, was zu Komplexität und Kontroversität führt, wie sie bspw. in den Sustainable Development Goals (UN, 2015) abgebildet sind. Die Sachverhalte sind komplex, da Veränderungen innerhalb der genannten Systeme durch vielgestaltige, nicht-lineare Auswirkungen charakterisiert sind, die räumlich und zeitlich nur begrenzt vorherzusehen sind. Die

Sachverhalte sind kontrovers, weil unterschiedliche moralisch/ethische Überzeugungen, fachliche Widersprüche sowie Unsicherheiten („Nichtwissen“) zu differierenden Auffassungen darüber führen, was einen nachhaltigeren Zustand auszeichnet; und welche Maßnahmen folglich zu ergreifen sind, um jenen Zustand zu erreichen (Mehren et al., 2015; Ohl, 2013). Komplexität und Kontroversität haben somit je sowohl eine sachliche/faktische Dimension (z. B. ökologische, ökonomische Folgen) als auch eine moralische/ethische Dimension (z. B. Fragen von Verantwortung, Gerechtigkeit) (Hermann & Wilhelm, 2023). Folglich muss es aus Sicht des Netzwerks Ziel von Bildungsprozessen sein, Gelegenheitsstrukturen für Lernende zu schaffen, in denen sie die Komplexität und Kontroversität von nachhaltigkeitsbezogenen Problem- und Zielstellungen erfahren, aushalten lernen und als Lernanlass annehmen, sich mit den Möglichkeiten und Begrenztheiten der Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung auseinanderzusetzen. Hierbei ist es eine Notwendigkeit, dass die Lernenden keine Resignation entwickeln, sondern handlungsfähig bleiben. Dies wiederum fordert die Lehrenden, den Umgang mit komplexen Systemen (Aufbau von Systemwissen), die Begegnung mit Kontroversität (Aufbau von Zielwissen) und die Möglichkeiten sowie Begrenztheiten gesellschaftlichen Wandels (Aufbau von Transformationswissen) (Pohl & Hirsch Hadorn, 2006), gemäß den Voraussetzungen der Lernenden möglichst fein aufeinander abzustimmen. Ein Modell, das die Komplexität und die Kontroversität der nachhaltigen Entwicklung angemessen abbildet und im Workshop präsentiert wurde, ist das Viabilitätsmodell der nachhaltigen Entwicklung (Wilhelm, Amacker & Rehm, 2022):

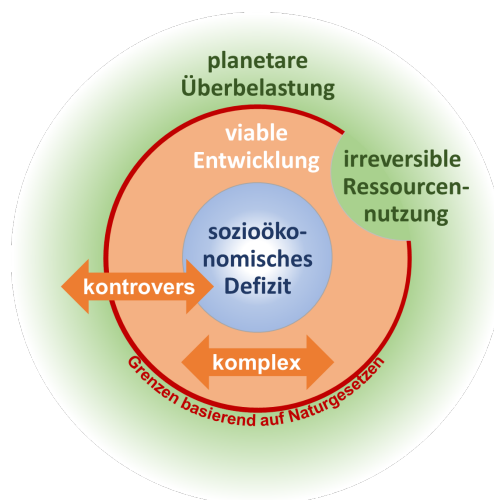


Abb. 1. Viabilitätsmodell der nachhaltigen Entwicklung (Wilhelm, Amacker & Rehm, 2022)

Das Modell repräsentiert den Grad der menschlichen Ressourcennutzung und ordnet ihn in drei Zonen ein. Dabei gilt: Je weiter außen man sich im Modell befindet, desto mehr Ressourcen werden vom Menschen verwendet. In der inneren *blauen Zone* ist die Ressourcennutzung so gering, dass eine planetare Überlastung zwar ausgeschlossen ist, aber sozioökonomische Defizite auftreten. Diese Zone ist nicht nachhaltig, denn solche Defizite, wie z. B. ein schwaches Gesundheits- oder Bildungssystem, führen zu gesellschaftlichen Instabilitäten. Um solche Defizite zu beseitigen und in die *orangefarbene Zone* vorzudringen, ist eine stärkere Ressourcennutzung nötig. Zwischen beiden Zonen existiert allerdings keine feste Grenze, da gesellschaftlich und politisch ausgehandelt wird, was (noch) als Defizit gilt. Die orangefarbene

Zone repräsentiert den Bereich einer viablen, also nachhaltigen Entwicklung. Bei noch höherer Ressourcennutzung erfolgt der Übergang in die grüne Zone, in der planetare Überlastung eintritt. Auch diese Zone ist nicht nachhaltig. Sie verfügt über eine feste Grenze, die in Abb. 1 als rote Linie dargestellt wird. Die Grenze drückt aus, dass unveränderliche Naturgesetze festlegen, ab wann eine planetare Überlastung erreicht ist. In Abb. 1 ist zu erkennen, dass ein Stück aus der orangen Zone herausgeschnitten wurde – das ist der Biss im Donut. Er steht für den Anteil der Ressourcen, der unwiederbringlich verloren ist, weil er sich nicht regenerieren lässt. Sowohl in der inneren als auch in der äußeren nicht-nachhaltigen Zone herrschen teils noch unverstandene nicht-lineare Wechselwirkungen vor, die als Kippunkte bezeichnet werden. Sie verdeutlichen die Komplexität und Kontroversität der nachhaltigen Entwicklung.

Die nachfolgende Abb. 2 fasst bisherige Überlegungen zusammen. Sie zeigt die Kopplung naturräumlicher und sozioökonomischer Systeme, die den Problem- und Zielstellungen der nachhaltigen Entwicklung inhärent ist und leitet Charakteristika einer Bildung für nachhaltige Entwicklung ab.

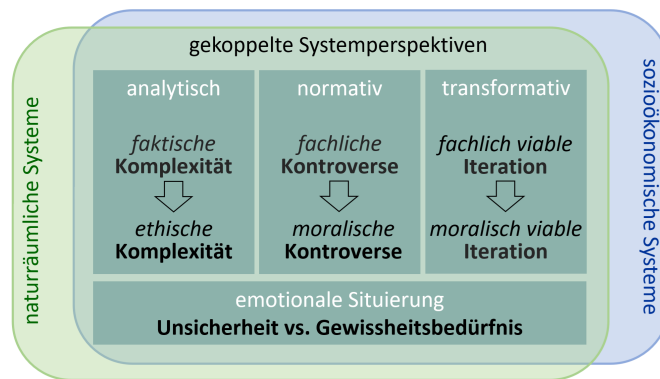


Abb. 2. Gekoppelte Systemperspektiven und resultierende Charakteristika der Bildung für nachhaltige Entwicklung; auf Grundlage von Clark & Harle (2020), Ohl (2013) und Shrivastava et al. (2020)

Aus dieser Kopplung resultiert Komplexität und Kontroversität, sowohl in einer fachlichen/faktischen als auch moralischen/ethischen Dimension. Lernende befinden sich folglich im Spannungsfeld zwischen Unsicherheit und Gewissheitsbedürfnis. In Bildungskontexten müssen sie sich fachlich und moralisch orientieren und sich an geeignetes transformatives Handeln herantasten, also iterieren, um entlang von nachhaltigkeitsbezogenen Problem- bzw. Zielstellungen Transformationswissen aufzubauen.

Aufgabenstellung und Arbeitsergebnisse im Workshop

Nachdem im Workshop die beschriebene Lesart von BNE beschrieben wurde, erhielten die Teilnehmenden in Gruppen die Aufgabe, entlang des Viabilitätsmodells Unterrichtsideen zu entwickeln. Diese sollten Facetten der in Abb. 2 beschriebenen Charakteristika widerspiegeln; also Lernsituationen, in denen nachhaltigkeitsrelevante Kontexte ihre Komplexität und Kontroversität deutlich zeigen. Eingesetzt wurde hierbei die Methode Placemat. Diese gliedert die Arbeitsphase im Workshop in drei Teile: Zunächst soll jedes Gruppenmitglied allein Überlegungen anstellen und auf dem Placemat eintragen. Im Anschluss folgt die Gruppenphase,

The image contains two hand-drawn diagrams. The left diagram, titled 'Dokumentation', shows a central node 'Wasser' (Water) with arrows pointing to it from 'Trennung' (Separation), 'Chemie' (Chemistry), and 'Physik' (Physics). Below 'Wasser' is a box labeled 'Wasser im Inneren (Molekule)' with an arrow pointing to it from 'Produkt'. To the left of 'Produkt' is a box labeled 'Produzent' with an arrow pointing to it from 'Produkt'. Below 'Produzent' is a box labeled 'Arbeitgeber' with an arrow pointing to it from 'Produzent'. The right diagram, titled 'Methodisch', shows a flowchart starting with '1. Phase: Naturwissenschaftliche Ebene' and '2. Phase: Soziale Ebene'. An arrow points from the first phase to the second, with a box labeled 'überbrücke' (bridge) above it. Below the second phase is a box labeled 'Bewertung' (Evaluation) with an arrow pointing to it from the second phase. The flowchart is enclosed in a box labeled 'Businessplan'.

Die meisten Individual- und Gruppenergebnisse auf den Placemats zeigen einen ähnlichen Ansatz, wie er in Abb. 3 anhand zweier exemplarischer Gruppenergebnisse dargestellt ist: meist wird ein Kontext herangezogen, der einem Socio-Scientific-Issue entspricht. Darin sind naturwissenschaftsbezogene Inhalte eingebettet, aber gleichsam komplex mit ökonomischen, ökologischen und sozialen Perspektiven verknüpft worden. Durch die gezeichneten Verbindungen entsteht eine Art Concept Map; wodurch die Komplexität des ausgewählten Inhalts gut deutlich wird. Die Kontroversität allerdings wurde nur recht selten aufgegriffen. In der Diskussion gaben einige Teilnehmende an, sich von der Aufgabenstellung überfordert gefühlt zu haben. Begründet wurde dies damit, dass das Modell (s. Abb. 1) und dessen Konkretisierung (s. Abb. 2) sehr dicht seien. Erst am Ende wurde vielen klar, dass es um die Entwicklung komplexer *und* kontroverser Lehr-Lern-Kontexte ging. Ein unerwartetes und doch zentrales Ergebnis des Workshops ist daher, das Viabilitätsmodell für ein besseres Onboarding neuer Interessierter zunächst weniger ausdifferenziert und so niederschwelliger darzustellen.

Im zweiten Teil des Workshops stand die Frage im Mittelpunkt, wie sich Kompetenzen für eine nachhaltige Entwicklung gezielt durch Aufgabenstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht fördern lassen. Aufbauend auf den zuvor entwickelten Unterrichtsideen, die das Viabilitätsmodell der nachhaltigen Entwicklung als konzeptionellen Rahmen nutzten, wurden konkrete Aufgaben für Lernende entwickelt. Diese Aufgaben dienten als Ausgangspunkt für eine vertiefte Auseinandersetzung mit der Kompetenzorientierung im Kontext von Bildung für nachhaltige Entwicklung. Zur systematischen Analyse der Aufgaben wurden drei etablierte Kompetenzrahmen vorgestellt:

- die *Kernkompetenzen des Lernbereichs Globale Entwicklung* (Schreiber & Siege, 2016), die sich in die Dimensionen *Erkennen*, *Bewerten* und *Handeln* gliedern und zentrale Fähigkeiten zur Auseinandersetzung mit globalen Herausforderungen beschreiben.
- die *Schlüsselkompetenzen der OECD* (2002), die insbesondere die interaktive Nutzung von Medien und Tools, die Zusammenarbeit in heterogenen Gruppen sowie eigenständiges Handeln betonen.

- die *Gestaltungskompetenz* nach de Haan et al. (2008), die als integratives Konzept für BNE gilt und Teilkompetenzen wie Antizipation, Perspektivübernahme, moralisches Handeln und disziplinenübergreifende Erkenntnisgewinnung umfasst.

Die Teilnehmenden analysierten ihre zuvor formulierten Aufgaben zunächst individuell im Hinblick darauf, welche spezifischen Kompetenzen durch die jeweilige Aufgabenstellung gefördert werden. Dabei wurden sowohl Kompetenzen für eine nachhaltige Entwicklung als auch naturwissenschaftliche Kompetenzbereiche berücksichtigt – darunter Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung. Dabei wurde deutlich, dass die Aufgaben unterschiedliche Kompetenzbereiche ansprechen. In einem zweiten Schritt tauschten die Teilnehmenden ihre Aufgaben untereinander aus und führten eine erneute Kompetenzanalyse durch. Dieser Perspektivwechsel ermöglichte eine kritische Auseinandersetzung mit den eigenen Zuweisungen und förderte das Verständnis für die Interpretationsspielräume innerhalb der Kompetenzmodelle.

Besonders aufschlussreich war die anschließende Diskussion über die Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Kompetenzzuweisungen. Hier zeigte sich, dass die Zuordnung von Kompetenzen stark von der individuellen Interpretation der Aufgabenstellung sowie vom jeweiligen didaktischen Fokus abhängt. Die reine Methodik der Aufgaben ist nicht eindeutig mit bestimmten Kompetenzen verknüpft – wird eine Methode leicht verändert oder anders präsentiert, kann sich daraus ein anderes Kompetenzspektrum ergeben. Dies verdeutlicht die geringe Trennschärfe der Kompetenzmodelle im BNE-Kontext: Viele Aufgaben sprechen mehrere Kompetenzbereiche gleichzeitig an, was sowohl als Stärke (Ganzheitlichkeit) als auch als Schwäche (Unschärfe) gewertet werden kann.

Ein weiterer zentraler Punkt der Diskussion war die Beobachtung, dass BNE-bezogene Kompetenzbereiche in nahezu allen Aufgaben mitschwingen, während naturwissenschaftliche Kompetenzbereiche bei nachhaltigkeitsbezogenen Fragestellungen teilweise umgangen oder nur am Rande berücksichtigt werden. Dies wirft die Frage auf, wie eine stärkere Integration naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen in BNE-orientierte Aufgaben gelingen kann, ohne die Komplexität der Themen zu reduzieren.

Die Teilnehmenden betonten zudem, dass es bei komplexen Problemen keine eindeutigen Lösungen gibt – bestenfalls lassen sich Ansätze zur Milderung entwickeln. Diese Einsicht ist zentral für die didaktische Gestaltung von BNE: Lernende sollen die Komplexität und Kontroversität der Themen ernsthaft wahrnehmen, ohne davon überfordert zu werden. Denn eine zu starke Betonung der Herausforderungen kann zu Überforderung und Rückzug führen – mit der Folge, dass die angestrebten Kompetenzen nicht gestärkt, sondern geschwächt werden. Die Herausforderung besteht daher darin, Komplexität didaktisch so zu rekonstruieren (Duit et al., 2012), dass sie verständlich und bearbeitbar erscheint, ohne ihre Tiefe zu verlieren.

Insgesamt zeigt sich, dass die Kombination aus Viabilitätsmodell und Kompetenzrahmen eine vielversprechende Grundlage für die Entwicklung von BNE-orientierten Lehr-Lern-Situationen im naturwissenschaftlichen Unterricht bietet. Die im Workshop durchgeführte Analyse und Diskussion verdeutlicht, dass das zur didaktischen Rekonstruktion (Duit et al., 2012) von Komplexität und Kontroversität eingesetzte Viabilitätsmodell selbst eine hohe Komplexität aufweist. Dies macht deutlich, wie entscheidend eine präzise fachdidaktische Kommunikation der zugrunde liegenden Konzepte ist, um Lehrende in ihrer Unterrichtsgestaltung zu unterstützen und die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass das Viabilitätsmodell tatsächlich als fachdidaktisches Werkzeug Anwendung findet.

Literatur

- Clark, W.C. & Harle, A.G. (2020). Sustainability science: Toward a synthesis. *Annual Review of Environment and Resources*, 45, 331–86.
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The model of educational reconstruction – A framework for improving teaching and learning science. In D. Jorde & J. Dillon (Hrsg.), *Science Education Research and Practice in Europe. Retrospective and Prospective* (S. 13–37). Sense Publishers.
- de Haan, G. (2008). Gestaltungskompetenz als Kompetenzkonzept der Bildung für nachhaltige Entwicklung. In I. Bormann & G. de Haan (Hrsg.), *Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung: Operationalisierung, Messung, Rahmenbedingungen, Befunde* (1. Auflage, S. 23–43). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Hermann, M. & Wilhelm, M. (2023). Transdisziplinäre Wege zu BNE an Pädagogischen Hochschulen: Ansätze an der PH Luzern. *ZFHE*, 18(4), 117–133.
- Mehren, M., Mehren, R., Ohl, U. & Resenberger, C. (2015). Die doppelte Komplexität geographischer Themen. Eine lohnenswerte Herausforderung für Schüler und Lehrer. *Geographie und Schule*, 37(216), 4–11.
- Ohl, U. (2013). Komplexität und Kontroversität. Herausforderungen des Geographieunterrichts mit hohem Bildungswert. *Praxis Geographie*, 43(3), 4–8.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2002). *Definition and selection of competencies (DeSeCo): Theoretical and conceptual foundations: Strategy Paper. An overarching frame of reference for a coherent assessment and research program on key competencies*.
- Otto, S. (2007). *Bedeutung und Verwendung der Begriffe nachhaltige Entwicklung und Nachhaltigkeit: Eine empirische Studie*. Diss., Univ. Bremen.
- Pohl, C. & Hirsch Hadorn, G. (2006). *Gestaltungsprinzipien für die transdisziplinäre Forschung*. Oekom. https://www.oekom.de/_files_media/titel/leseproben/9783865810007.pdf (Zugriff: 28.10.2025).
- Rieckmann, M. (2018). Learning to transform the world: key competencies in ESD. In A. Leicht, J. Heiss & W. Byun (Hrsg.): *Issues and trends in education for sustainable development* (S. 39-59). UNESCO.
- Schreiber, J.-R. & Siege, H. (2016). *Orientierungsrahmen für den Lernbereich globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung* (KMK/BMZ, Hrsg.; 2. aktualisierte und erweiterte Auflage). Cornelsen.
- Shrivastava, P., Stafford Smith, M., O'Brien, K. & Zsolnai, L. (2020). Transforming sustainability science to generate positive social and environmental change globally, *One Earth*, 2(4), 329–340.
- UN (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development* (A/RES/70/1).
- Wilhelm, M., Amacker, V. & Rehm, M. (2022). Das Viabilitätsmodell: Vom Konzept der «Sensitiven Nachhaltigkeit» im Hinblick auf die digitale Transformation lernen. In A. Siegmund, J. Weselek & F. Kohler (Hrsg.), *Bildung für nachhaltige Entwicklung und Digitalisierung als Beitrag für eine zukunftsorientierte Hochschulbildung* (S. 9–21). Springer.